

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN PENYULANG  
MSR 13 UNTUK MENGATASI JATUH TEGANGAN DAN  
RUGI DAYA PADA PENYULANG SRN 03**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**ADITYA ADY NUGROHO**

**D400181139**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2020**

## HALAMAN PERSETUJUAN

### ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN PENYULANG MSR 13 UNTUK MENGATASI JATUH TEGANGAN DAN RUGI DAYA PADA PENYULANG SRN 03

#### PUBLIKASI ILMIAH

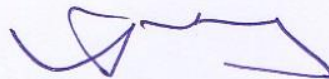
oleh:

**ADITYA ADY NUGROHO**

**D400181139**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Ir. Jatmiko, M.T.**

**NIK. 622**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN PENYULANG MSR 13 UNTUK  
MENGATASI JATUH TEGANGAN DAN RUGI DAYA PADA PENYULANG  
SRN 03**

OLEH

ADITYA ADY NUGROHO

D400181139

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Sabtu, 18 Januari 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Jatmiko, M.T.  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Tindyo Prasetyo, S.T., M.T.  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman, S.T., M.T.  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)  
(.....)  
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK. 628

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 8 Januari 2020

Penulis



**ADITYA ADY NUGROHO**

D400181139

# **ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN PENYULANG MSR 13 UNTUK MENGATASI JATUH TEGANGAN DAN RUGI DAYA PADA PENYULANG SRN 03**

## **Abstrak**

Kebutuhan akan energi listrik semakin lama semakin meningkat. Perkembangan kebutuhan energi listrik pada penyulang 20kV mengakibatkan pertumbuhan beban yang ada pada penyulang 20kV. Permasalahan yang sering terjadi yakni arus beban penyulang akan menyuplai melebihi arus standar dari SPLN yaitu setengah dari 480A. Arus yang melebihi standar tersebut merupakan salah satu faktor terjadinya jatuh tegangan yakni tegangan pada pangkal jaringan mengalami penurunan hingga ke ujung jaringan dan juga rugi daya, dimana daya yang dikirim pada jaringan distribusi tidak semuanya sampai pada pelanggan. Penyulang SRN 03 memiliki nilai arus yang terukur pada salah satu fasanya 285A dengan panjang jaringan 22,08 km. Penambahan penyulang baru MSR 13 dilakukan untuk memecah beban SRN 03. Analisa nilai jatuh tegangan dan rugi daya pada jaringan dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dan simulasi software ETAP 12.6.0. Perhitungan manual yang diperoleh pada penyulang SRN 03 yaitu nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan 18,49 kV dan rugi daya 328,42 kW, setelah dilakukan pemecahan beban oleh penyulang MSR 13 nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan menjadi 19,471 kV dan rugi daya menjadi 68,282 kW. Hasil simulasi ETAP 12.6.0 pada penyulang SRN 03 yaitu nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan 18,39 kV dan rugi daya 344 kW, setelah dilakukan pemecahan beban oleh penyulang MSR 13 nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan menjadi 19,439 kV dan rugi daya menjadi 66,8 kW.

**Kata kunci :** arus, ETAP 12.6.0, jatuh tegangan, penyulang, rugi daya.

## **Abstract**

The need for electricity is getting longer. Development of energy requirements in a 20kV feeder. Increased cost growth in the 20kV feeder. The problem that often occurs is that the feeder load current will supply more than the standard current of the SPLN, which is half of 480A. Currents that exceed this standard are one of the factors that reduce voltage because the voltage on the network decreases and also the power is reduced, while the power sent to the distribution network does not all reach the customer. The SRN 03 feeder has a measured current value in one of its 285A phases with a network length of 22,08 km. The addition of a new feeder MSR 13 is done to break down the burden of SRN 03. Analysis of the maturity and power loss in the network is done using manual calculations and simulation of ETAP 12.6.0 software. The manual calculation obtained on the SRN 03 feeder is the value of the receiving voltage due to a voltage drop of 18.49 kV and a power loss of 328.42 kW, after breaking the load by the MSR feeder 13 the value of the receiving voltage due to a voltage drop is 19.447 kV and the usability is 68.282 kW . The results of ETAP 12.6.0 simulation on SRN 03 feeders are the value of the receiving

voltage due to a voltage drop of 18.39 kV and a power loss of 344 kW, after breaking the load by the MSR feeder 13 the value of the receiving voltage decreases the risk to 19,439 kV and the power value becomes 66,8 kW.

**Keywords:** current, ETAP 12.6.0, drop voltage, feeder, power loss.

## 1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan waktu kebutuhan akan energi listrik mengalami peningkatan. Keandalan dalam mendistribusikan aliran listrik adalah hal yang penting untuk diperhatikan. PT. PLN sebagai penyedia energi listrik harus mampu menjaga dan menyediakan listrik secara efisien, optimal, aman digunakan, dan handal.

Faktor yang harus diperhatikan dalam jaringan distribusi 20kV yakni tegangan yang disalurkan kepada konsumen. Tegangan yang dikirimkan kepada konsumen biasanya akan mengalami jatuh tegangan/ *drop voltage*. *Drop voltage* adalah besar tegangan yang hilang pada suatu jaringan. *Drop voltage* pada distribusi dapat terjadi pada jaringan tegangan menengah, rendah dan saluran rumah (Anumaka, 2012). Sektor distribusi membutuhkan sistem stabil untuk menyediakan energi listrik sesuai standar dan meminimalkan jatuh tegangan untuk mengurangi regulasi tegangan (Ritula Thakur, 2015). Besarnya batas bawah suatu jatuh tegangan pada PT. PLN (Persero) diatur dalam SPLN No 72 Tahun 1987, dimana jatuh tegangan yang diperbolehkan pada JTM adalah 5% dari tegangan kerja untuk sistem radial diatas tanah dan sistem simpul.

Kerugian daya juga hal yang harus diperhatikan dalam jaringan distribusi. Energi yang disalurkan dari PLN ke konsumen pada jaringan distribusi tidak semuanya akan tersalurkan, dimana sebagian ada yang hilang. Kerugian sistem, dalam praktiknya, berarti dua jenis; satu adalah kehilangan kapasitas atau kW dan yang lainnya adalah kehilangan energi atau kWh, yang dapat menghasilkan nilai moneter yang lebih besar pada akhirnya (N. Mithulanantha, 2004). Berdasarkan SPLN No. 1 Tahun 1978 sebuah jaringan tegangan menengah dengan kriteria susut daya yang dapat diizinkan tidak boleh lebih dari 2%.

PT.PLN (Persero) UP3 Surakarta memiliki pertumbuhan beban atau pelanggan yang sangat pesat, salah satunya pada penyulang SRN 03 dengan nilai arus beban 285 A.



Adanya pertumbuhan beban tersebut, maka besarnya nilai arus beban yang disuplai penyulang SRN 03 melebihi nilai standar yang disarankan yaitu 240 A. Jaringan yang memiliki beban diatas nilai tersebut (>240A) akan menyebabkan sulitnya melakukan manuver jaringan saat dilakukan pelimpahan beban. Dan akan menimbulkan kerugian-kerugian diantaranya jatuh tegangan dan *losses* daya. Sehingga untuk meningkatkan kehandalan jaringan tersebut akan ditambahkan penyulang MSR 13 untuk mengurangi beban pada penyulang SRN 03.

### 1.1 Perhitungan Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt (PT.PLN (Persero), 2010: hal 20).

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (1):

$$(\Delta V) = I ( R . \cos \varphi + X . \sin \varphi ) l \quad (1)$$

Dimana :

$I$  = Arus beban (Ampere)

$R$  = Tahanan rangkaian (Ohm/km)

$X$  = Reaktansi rangkaian (Ohm/km)

$l$  = Panjang rangkaian (km)

### 1.2 Perhitungan Rugi-rugi Daya

Rugi-rugi daya merupakan besarnya daya yang hilang pada suatu jaringan pada proses pengiriman daya listrik dari sumber kepada beban . Susut daya/ Rugi daya pada saluran 3 fasa dapat ditulis dengan persamaan (2):

$$P_{3\varphi} = 3 I^2 R l \quad (2)$$

Keterangan:

$I$  = Arus beban (Ampere)

$R$  = Tahanan rangkaian (Ohm/km)

$l$  = Panjang rangkaian (km)

## **2. METODE**

### **2.1 Studi Literatur**

Studi literature dilakukan dengan mengumpulkan beberapa referensi baik dari buku-buku, jurnal-jurnal dan penelitian yang sebelumnya sudah ada, serta website yang berisi informasi dari internet yang mendukung teori untuk menyelesaikan penelitian “Analisis Pengaruh Penambahan Penyulang MSR 13 untuk Mengatasi Jatuh Tegangan dan Rugi Daya pada Penyulang SRN 03”.

### **2.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data sebagai pendukung untuk penelitian ini meliputi data-data yang diambil di PLN UP3 Surakarta dan data yang diperoleh dari literature. .Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain *single line diagram*, data penyulang, jenis penghantar, panjang saluran pada Penyulang SRN 03, dan *single line diagram* Penyulang MSR 13.

### **2.3 Simulasi Jaringan dengan *software* ETAP 12.6.0**

Data yang sudah diperoleh disimulasikan menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Simulasi dilakukan untuk mengetahui nilai jatuh tegangan dan *losses daya* pada penyulang SRN 03 sebelum dan sesudah penambahan Penyulang MSR 13.

### **2.4 Analisa Hasil**

Mengamati hasil simulasi pada *software* ETAP 12.6.0 dan akan dilakukan perbandingan dengan perhitungan manual untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada jaringan yakni nilai jatuh tegangan dan rugi daya.

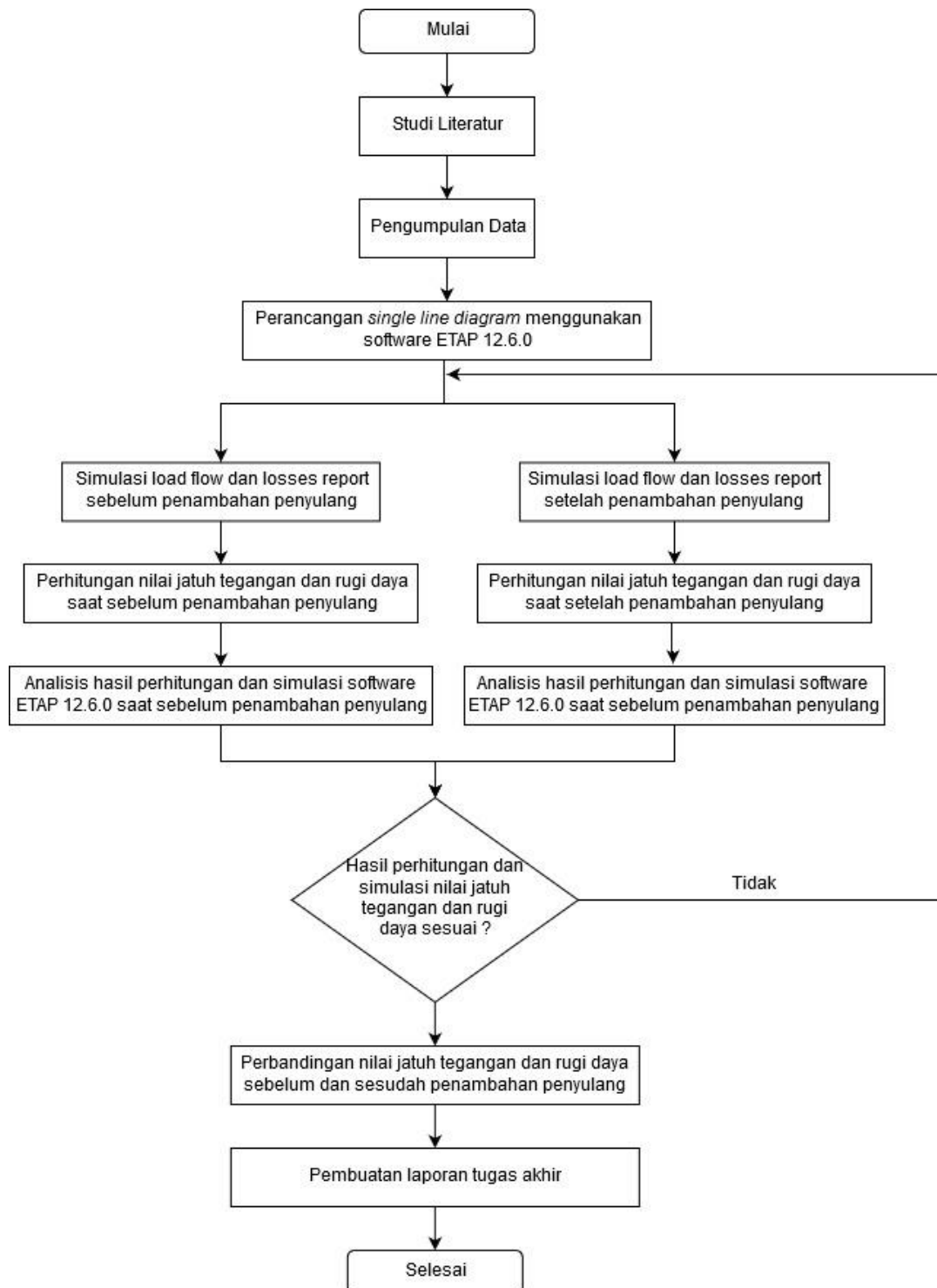
### **2.5 Peralatan Pendukung Penelitian**

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian , sebagai berikut :

- 1) Laptop
- 2) *Software* ETAP 12.6.0



## 2.6 Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Beban Penyulang SRN 03

No Tiang	Peralatan Hubung	Section	F (Hz)	Cos $\phi$	Panjang section(km)	Beban terukur (A)		
						R	S	T
SRN3-3	ABSw	1	50	0,95	3,37	285	269	265
T2-279/7	Recloser	2	50	0,95	3,1	252	225	232
T2-279/69	Recloser	3	50	0,95	5	214	207	206
T2-279/128	LBS	4	50	0,95	6,21	127	91	99
B1-421/76	ABSw	5	50	0,95	4,4	58	45	51

Berdasarkan Tabel 1 penyulang SRN 03 memiliki panjang jaringan 22,08 km, dengan nilai beban tertinggi mencapai 285 A. Adapun konstruksi jaringan yang digunakan pada penyulang SRN 03 yaitu SUTM dengan menggunakan penghantar AAAC, memiliki luas penampang 240mm<sup>2</sup> dengan nilai impedansi urutan positif 0,1344 + j0,3158. Penyulang SRN 03 ini memiliki pola jaringan lingkaran (*loop*) dan radial disisi percabangan untuk itu penyulang ini dapat dilimpahkan kepenyulang yang terhubung.

Menurut standar pembebanan penyulang, setiap penyulang memiliki standar pembebanan maximal yaitu 240A (80% dari 300A). Nilai beban terukur pada penyulang SRN 03 sendiri telah melebihi standar pembebanan, yang mana akan menyebabkan sulitnya melakukan manuver saat adanya pelimpahan beban serta akan mengakibatkan jatuhnya tegangan serta rugi daya. Langkah yang harus diambil yaitu dengan membangun penyulang baru yakni MSR 13 untuk memecah beban penyulang SRN 03.

#### 3.1 Kondisi Awal Jaringan

##### 3.1.1 Jatuh Tegangan Penyulang SRN 03 *Existing*

Perhitungan nilai jatuh tegangan dilakukan dengan menggunakan persamaan 1.

Section1

$$\Delta V_{\text{sec1}} = \sqrt{3} \cdot (285 \cdot (3,37 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 376 \text{ V}$$

Section 2

$$\Delta V_{\text{sec2}} = \sqrt{3} \cdot (252 \cdot (3,1 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 306 \text{ V}$$

### Section 3

$$\Delta V_{\text{sec3}} = \sqrt{3} \cdot (214 \cdot (5 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 419 \text{ V}$$

### Section 4

$$\Delta V_{\text{sec4}} = \sqrt{3} \cdot (285 \cdot (6,21 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 309 \text{ V}$$

### Section 5

$$\Delta V_{\text{sec5}} = \sqrt{3} \cdot (285 \cdot (4,4 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 100 \text{ V}$$

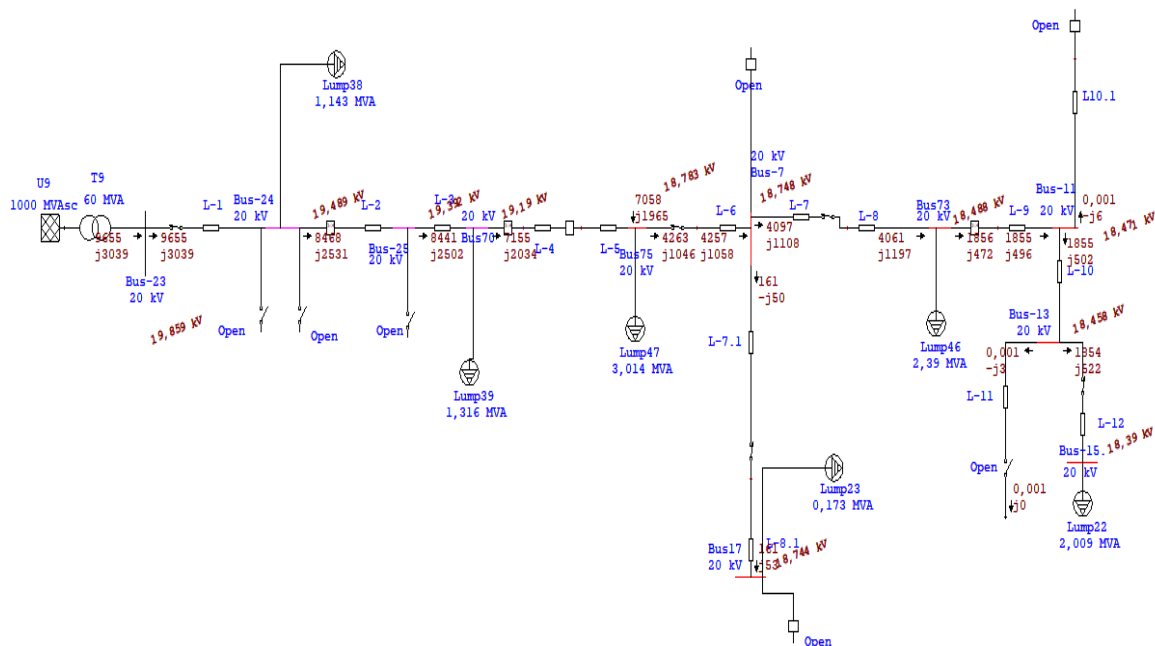
### Jatuh Tegangan ( $\Delta V$ )

$$\begin{aligned} \Delta V &= \Delta V_{\text{sec1}} + \Delta V_{\text{sec2}} + \Delta V_{\text{sec3}} + \Delta V_{\text{sec4}} + \Delta V_{\text{sec5}} \\ &= (376 + 306 + 419 + 309 + 100) = 1.510 \text{ V} \end{aligned}$$

### Tegangan terima diujung jaringan ( $V_p$ )

$$\begin{aligned} V_p &= V_s - \Delta V \\ &= 20.000 - 1.510 = 18.490 \text{ V} = 18,49 \text{ kV} \end{aligned}$$

Sementara itu nilai tegangan yang mengalami jatuh tegangan menggunakan simulasi ETAP 12.6.0 ditunjukkan pada Gambar 2:



Gambar 2. Hasil Simulasi *Load Flow* Penyulang SRN 03 Existing

Perhitungan jatuh tegangan manual dan dengan simulasi ETAP 12.6.0 menunjukan jatuh tegangan yang melewati batas jatuh tegangan, tidak sesuai dengan

SPLN No.72 Tahun 1987 (5% Tegangan pangkal/1kV) atau Tegangan terima memiliki nilai <19kV. Akibat Jatuh tegangan yang terjadi maka nilai Tegangan terima yaitu 18,49kV untuk perhitungan dan 18,39kV untuk simulasi. Nilai tersebut merupakan kondisi *critical* dimana perlu untuk dilakukan penanganan agar jaringan kembali normal dan sesuai standar yang ditentukan.

### 3.1.2 Rugi Daya Penyulang SRN 03 *Existing*

Perhitungan nilai rugi daya dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.

Section 1

$$P_{3\phi \text{ Sec1}} = 3 \times 285^2 \times 0,1344 \times 3,37 = 110.367 \text{ Watt}$$

Section 2

$$P_{3\phi \text{ Sec2}} = 3 \times 252^2 \times 0,1344 \times 3,1 = 79.375 \text{ Watt}$$

Section 3

$$P_{3\phi \text{ Sec3}} = 3 \times 214^2 \times 0,1344 \times 5 = 92.325 \text{ Watt}$$

Section 4

$$P_{3\phi \text{ Sec4}} = 3 \times 127^2 \times 0,1344 \times 6,21 = 40.385 \text{ Watt}$$

Section 5

$$P_{3\phi \text{ Sec5}} = 3 \times 58^2 \times 0,1344 \times 4,4 = 5.968 \text{ Watt}$$

Nilai Total Rugi Daya

$$\begin{aligned} P_{3\phi} &= P_{3\phi \text{ Sec1}} + P_{3\phi \text{ Sec2}} + P_{3\phi \text{ Sec3}} + P_{3\phi \text{ Sec4}} + P_{3\phi \text{ Sec5}} \\ &= 110.367 + 79.375 + 92.235 + 40.385 + 5.968 \\ &= 328.420 \text{ Watt} = 328,42 \text{ kiloWatt} \end{aligned}$$

Tabel 2. Rugi-rugi daya penyulang SRN 03 *Existing* dengan *software* ETAP 12.6.0

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
L-6	4.263	1.046	-4.257	-1.058	5.3	-12.0	93.9	93.7	0.18
L-7	4.097	1.108	-4.072	-1.170	24.7	-61.6	93.7	92.9	0.88
L-7.1	0.161	-0.050	-0.161	0.033	0.0	-16.6	93.7	93.7	0.00
L-8.1	0.161	-0.033	-0.161	-0.053	0.0	-86.1	93.7	93.7	0.02
L-9	1.856	0.472	-1.855	-0.496	1.1	-23.0	92.4	92.4	0.08
L-10	1.855	0.502	-1.854	-0.519	0.8	-17.2	92.4	92.3	0.06
L10.1	0.000	-0.006	0.000	0.000	0.0	-6.4	92.4	92.4	0.00
L-12	1.854	0.522	-1.850	-0.608	4.2	-85.6	92.3	92.0	0.34
L-11	0.000	-0.003	0.000	0.000	0.0	-3.2	92.3	92.3	0.00
T9	9.660	3.255	-9.655	-3.039	4.8	216.4	100.0	99.3	0.70
L-1	9.655	3.039	-9.543	-2.885	112.5	154.5	99.3	97.4	1.85
L-2	8.468	2.531	-8.441	-2.502	26.4	29.4	97.4	97.0	0.48
L-3	8.441	2.502	-8.386	-2.438	55.6	63.3	97.0	95.9	1.01
L-4	7.155	2.034	-7.093	-1.991	62.0	43.0	95.9	94.6	1.30
L-8	4.072	1.170	-4.061	-1.197	11.6	-27.5	92.9	92.4	0.42
L-5	7.093	1.991	-7.058	-1.965	35.0	25.9	94.6	93.9	0.73
					344.0	193.4			

Tabel 2 menunjukkan nilai *losses* daya dengan simulasi pada penyulang SRN 03 dimana dari daya yang dikirim sebesar 9,660MW(100%) pada jaringan terjadi *losses* yang timbul akibat beban yang dipikul, serta panjangnya jaringan yang menghantarkan beban, sehingga daya yang terkirim tidak sampai secara menyeluruh dan terdapat daya yang hilang sebesar 344kW atau 3,56% dari daya yang terkirim. Nilai rugi daya tersebut tidak sesuai dengan standar *losses* daya (SPLN no. 1 Tahun 1978) yaitu max 2% dari daya terkirim.

### 3.2 Kondisi Jaringan Setelah Penambahan Penyulang Baru

Hal yang dilakukan untuk mengatasi jatuh tegangan dan rugi daya pada penyulang SRN 03 dilakukan pemecahan sebagian beban penyulang SRN 03 ke penyulang baru yaitu penyulang MSR 13. Pemecahan beban dilakukan pada titik setelah LBS pada tiang no T2-279/128, sehingga akan terjadi perubahan kondisi jaringan pada penyulang SRN 03. Hasil dari pemecahan beban tersebut akan diketahui nilai jatuh tegangan dan besarnya rugi daya pada kedua penyulang tersebut.

### 3.2.1 Jatuh Tegangan Penyulang SRN 03 Setelah Penambahan Penyulang MSR 13

Perhitungan nilai jatuh tegangan dilakukan dengan menggunakan persamaan 1.

Section1

$$\Delta V_{\text{sec1}} = \sqrt{3} \cdot (157 \cdot (3,37 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 207 \text{ V}$$

Section 2

$$\Delta V_{\text{sec2}} = \sqrt{3} \cdot (125 \cdot (3,1 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 152 \text{ V}$$

Section 3

$$\Delta V_{\text{sec3}} = \sqrt{3} \cdot (87 \cdot (5 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 170 \text{ V}$$

Jatuh Tegangan ( $\Delta V$ )

$$\begin{aligned}\Delta V &= \Delta V_{\text{sec1}} + \Delta V_{\text{sec2}} + \Delta V_{\text{sec3}} \\ &= 207 + 152 + 170 = 529 \text{ V}\end{aligned}$$

Tegangan terima diujung jaringan ( $V_p$ )

$$\begin{aligned}V_p &= V_s - \Delta V \\ &= 20.000 - 529 = 19.471 \text{ V} = 19,471 \text{ kV}\end{aligned}$$

### 3.2.2 Jatuh Tegangan Penyulang MSR 13

Perhitungan nilai jatuh tegangan dilakukan dengan menggunakan persamaan 1.

Section1

$$\Delta V_{\text{sec1}} = \sqrt{3} \cdot (133 \cdot (3,78 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 197 \text{ V}$$

Section 2

$$\Delta V_{\text{sec2}} = \sqrt{3} \cdot (127 \cdot (8,56 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 426 \text{ V}$$

Section 3

$$\Delta V_{\text{sec3}} = \sqrt{3} \cdot (58 \cdot (4,4 \cdot (0,1344 \cdot 0,95 + 0,3158 \cdot 0,31224))) = 100 \text{ V}$$

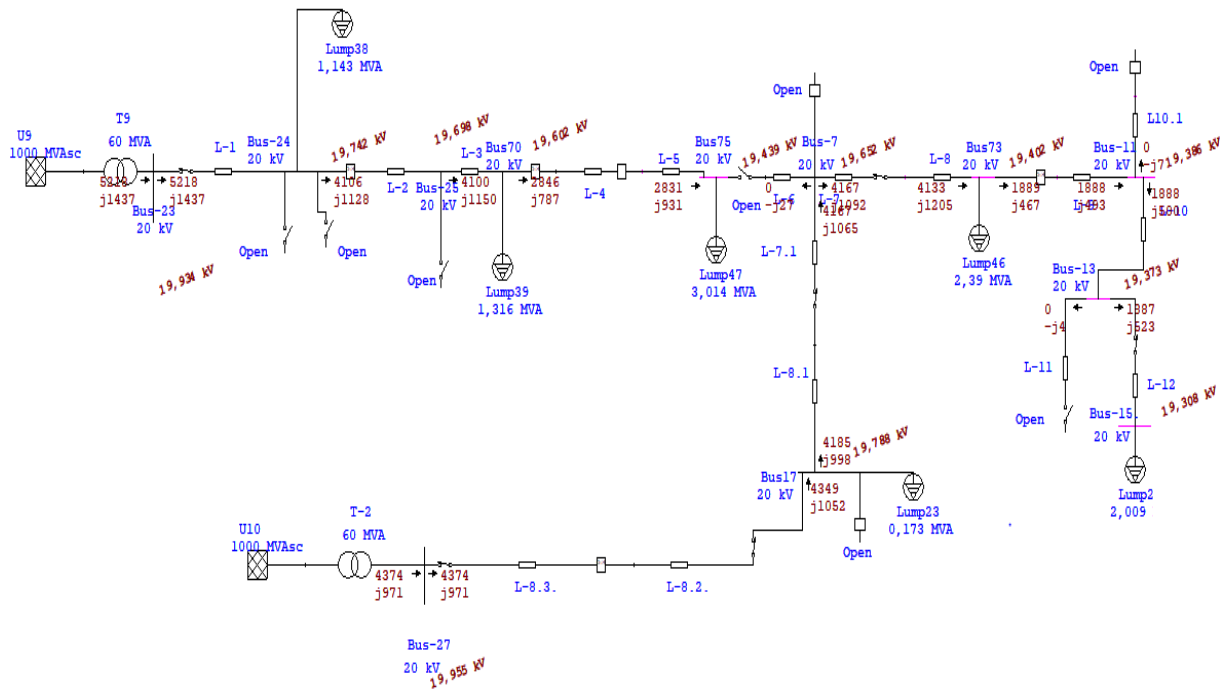
Jatuh Tegangan ( $\Delta V$ )

$$\begin{aligned}\Delta V &= \Delta V_{\text{sec1}} + \Delta V_{\text{sec2}} + \Delta V_{\text{sec3}} \\ &= 197 + 426 + 100 = 723 \text{ V}\end{aligned}$$

Tegangan terima diujung jaringan ( $V_p$ )

$$\begin{aligned}V_p &= V_s - \Delta V \\ &= 20.000 - 723 = 19.277 \text{ V} = 19,277 \text{ kV}\end{aligned}$$

Hasil simulasi aliran load flow yang ditunjukkan pada Gambar 3 menunjukkan jatuh tegangan pada penyulang SRN 03 dan penyulang MSR 13, dimana penyulang MSR 13 memecah beban pada penyulang SRN 03.



Gambar 3. Hasil Simulasi *Load Flow* Setelah Penambahan Penyulang MSR 13

Penambahan penyulang MSR 13 mengakibatkan panjang jaringan penyulang SRN 03 saat ini menjadi 11,47km dengan memikul beban sebesar 157A, sehingga dari jatuh tegangan yang terjadi, nilai tegangan terimanya adalah 19,471Kv dan sudah memenuhi standar SPLN 72 Tahun 1987. Sementara penyulang baru MSR 13 memiliki panjang jaringan 16,74km yang memecah beban dari penyulang SRN 03 sebesar 133A. Panjang jaringan dan beban yang ada saat ini pada penyulang MSR 13, maka melalui perhitungan manual jatuh tegangan, maka tegangan terimanya adalah 19,277kV, nilai ini juga sudah memenuhi standar SPLN 72 Tahun 1987.

### 3.2.3 Rugi Daya Penyulang SRN 03 Setelah Penambahan Penyulang MSR 13

Perhitungan nilai rugi daya dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.

Section 1

$$P_{3\phi \text{ Sec1}} = 3 \times 157^2 \times 0,1344 \times 3,37 = 33.493 \text{ Watt}$$



## Section 2

$$P_{3\phi \text{ Sec2}} = 3 \times 125^2 \times 0,1344 \times 3,1 = 19.530 \text{ Watt}$$

## Section 3

$$P_{3\phi \text{ Sec3}} = 3 \times 87^2 \times 0,1344 \times 5 = 15.259 \text{ Watt}$$

Nilai Total Rugi Daya

$$\begin{aligned} P_{3\phi} &= P_{3\phi \text{ Sec1}} + P_{3\phi \text{ Sec2}} + P_{3\phi \text{ Sec3}} \\ &= 33.493 + 19.530 + 15.259 \\ &= 68.282 \text{ Watt} = 68,282 \text{ kiloWatt} \end{aligned}$$

Simulasi yang dilakukan menggunakan ETAP 12.6.0 didapatkan hasil *losses report* sebagai berikut:

Tabel 3. Rugi-rugi daya Penyulang SRN 03 setelah penambahan penyulang MSR 13 dengan *software* ETAP 12.6.0

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T9	5.219	1.498	-5.218	-1.437	1.4	61.4	100.0	99.7	0.33
L-1	5.218	1.437	-5.186	-1.483	32.0	-46.1	99.7	98.7	0.96
L-2	4.106	1.128	-4.100	-1.150	6.0	-22.0	98.7	98.5	0.22
L-3	4.100	1.150	-4.087	-1.195	12.6	-45.3	98.5	98.0	0.48
L-4	2.846	0.787	-2.837	-0.880	9.4	-92.4	98.0	97.5	0.51
L-5	2.837	0.880	-2.831	-0.931	5.4	-51.1	97.5	97.2	0.30
					66.8	-195.5			

Tabel 3 menunjukkan nilai rugi daya dengan simulasi pada penyulang SRN 03 setelah penambahan penyulang MSR 13, hasil menunjukkan dari daya yang dikirim sebesar 5,219MW(100%) pada jaringan terjadi rugi daya dengan nilai 66,8kW atau 1,28% dari daya dikirim. Besarnya rugi daya mengalami penurunan daripada kondisi awal jaringan penyulang SRN 03. Nilai rugi daya tersebut sesuai dengan standar *losses* daya (SPLN no. 1 Tahun 1978) yaitu max 2% dari daya terkirim.

### 3.2.4 Rugi Daya Penyulang MSR 13

Perhitungan nilai rugi daya dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.

## Section 1

$$P_{3\phi \text{ Sec1}} = 3 \times 133^2 \times 0,1344 \times 3,78 = 26.690 \text{ Watt}$$

Section 2

$$P_{3\emptyset \text{ Sec2}} = 3 \times 127^2 \times 0,1344 \times 8,56 = 55.668 \text{ Watt}$$

Section 3

$$P_{3\emptyset \text{ Sec3}} = 3 \times 58^2 \times 0,1344 \times 4,4 = 5.968 \text{ Watt}$$

Nilai Total Rugi Daya

$$\begin{aligned} P_{3\emptyset} &= P_{3\emptyset \text{ Sec1}} + P_{3\emptyset \text{ Sec2}} + P_{3\emptyset \text{ Sec3}} \\ &= 26.690 + 55.668 + 5.968 \\ &= 88.596 \text{ Watt} \\ &= 88,596 \text{ kiloWatt} \end{aligned}$$

Simulasi yang dilakukan menggunakan ETAP 12.6.0 didapatkan hasil *losses report* sebagai berikut:

Tabel 4. Rugi-rugi daya Penyulang MSR 13 dengan *software* ETAP 12.6.0

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
L-6	0.000	0.000	0.000	-0.027	0.0	-27.3	98.3	98.3	0.00
L-7	4.167	1.092	-4.143	-1.170	23.1	-77.6	98.3	97.4	0.85
L-7.1	-4.167	-1.065	4.170	1.054	3.1	-10.7	98.3	98.4	0.11
L-8.1	-4.170	-1.054	4.185	0.998	15.8	-56.4	98.4	98.9	0.57
L-9	1.889	0.467	-1.888	-0.493	1.0	-25.8	97.0	96.9	0.08
L-10	1.888	0.500	-1.887	-0.519	0.8	-19.3	96.9	96.9	0.06
L10.1	0.000	-0.007	0.000	0.000	0.0	-7.1	96.9	96.9	0.00
L-12	1.887	0.523	-1.883	-0.619	4.0	-96.0	96.9	96.5	0.33
L-11	0.000	-0.004	0.000	0.000	0.0	-3.5	96.9	96.9	0.00
L-8.2	-4.349	-1.052	4.356	1.031	6.5	-20.9	98.9	99.2	0.22
T-3	4.375	1.013	-4.374	-0.971	0.9	42.0	100.0	99.8	0.23
L-8.2.1	4.374	0.971	-4.356	-1.031	18.0	-59.3	99.8	99.2	0.61
L-8	4.143	1.170	-4.133	-1.205	10.9	-34.9	97.4	97.0	0.40
					84.2	-396.8			

Tabel 4 menunjukkan nilai rugi daya dengan simulasi pada penyulang baru MSR 13, dari daya yang dikirim sebesar 4,375MW(100%) pada jaringan terjadi rugi daya dengan nilai 84,2kW atau 1,92% dari daya kirim. Nilai rugi daya tersebut sesuai dengan standar *losses* daya (SPLN no. 1 Tahun 1978) yaitu max 2% dari daya terkirim.

### 3.3 Perbandingan Nilai Jatuh Tegangan Hasil Perhitungan dengan Simulasi ETAP

#### 12.6.0

Tabel 5. Perbandingan Jatuh Tegangan Perhitungan dengan Simulasi

Penyulang	Tegangan terima Ujung (Perhitungan)		Tegangan terima Ujung (Simulasi ETAP 12.6.0)		Selisih (Perhitungan dengan Simulasi)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
SRN 03	18,49 kV	19,471 kV	18,39 kV	19,439 kV	0,816 %	0,165 %
MSR 13	-	19,277 kV	-	19,308 kV	-	0,161 %

Data yang ditunjukkan pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa perbedaan antara hasil simulasi dengan perhitungan manual memiliki selisih dibawah 1%, hal ini menunjukkan perhitungan yang dilakukan sudah sesuai dan dapat dijadikan sebagai acuan. Nilai Tegangan kirm akibat jatuh tegangan antara perhitungan dan simulasi dengan ETAP 12.6.0 jika dilakukan pengamatan baik sebelum maupun setelah dilakukan penambahan penyulang baru MSR 13 mengalami perubahan yang cukup signifikan. Besarnya tegangan terima akibat jatuh tegangan penyulang SRN 03 sebelum penambahan penyulang MSR 13 yakni 18,39kV, setelah dilakukanya penambahan penyulang MSR 13 kini nilai tegangan terima sudah memenuhi dari standar SPLN No. 72 Tahun 1972 yakni 19,439kV. Untuk penyulang baru MSR 13 setelah memecah beban sebagian penyulang SRN 03, nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan juga sudah memenuhi standar tersebut yakni 19,308kV.

### 3.4 Perbandingan Nilai Rugi Daya Hasil Perhitungan dengan Simulasi ETAP 12.6.0

Tabel 6. Perbandingan Nilai Rugi Daya Perhitungan dengan Simulasi

Penyulang	Rugi Daya (Perhitungan)		Rugi Daya (Simulasi ETAP 12.6.0)		Selisih (Perhitungan dengan Simulasi)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
SRN 03	328,42 kW	68,282 kW	344 kW	66,8 kW	4,529 %	2,219 %
MSR 13	-	88,596 kW	-	84,2 kW	-	5,221 %

Tabel 6 dapat dilihat hasil antara perhitungan manual dan simulasi ETAP, yang menunjukkan nilai rugi daya yang ada pada penyulang SRN 03 sebelum dan sesudah penambahan penyulang MSR 13, memiliki selisih perhitungan yang kecil atau dapat dikatakan factor kesalahan kecil dibawah 5,5%. Dapat dikatakan penelitian mengenai rugi daya pada penyulang ini memiliki nilai yang valid.

Penyulang SRN 03 dilihat dari hasil simulasi memiliki nilai rugi daya yang cukup besar yakni mencapai 344kW sebelum dilakukan penambahan penyulang MSR 13, namun setelah penambahan penyulang MSR 13, rugi daya tersebut turun dan menjadi 66kW. Pengaruh tersebut terjadi karena panjang jaringan yang semula 22,08km menjadi 11,47km, dan beban yang ada semula mencapai 285A menjadi 157A. Penyulang MSR 13 yang kemudian memecah beban pada penyulang SRN 03 sendiri memiliki panjang jaringan 16,74km dengan beban 137A, dengan panjang jaringan dan beban yang ada penyulang MSR 13 memiliki nilai rugi daya 84,2kW.

#### **4. PENUTUP**

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi jatuh tegangan dan rugi daya pada penyulang SRN 03 sebelum dan sesudah penambahan penyulang MSR 13 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai Tegangan terima akibat adanya jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang SRN 03 dengan perhitungan manual maupun simulasi ETAP 12.6.0 pada awalnya sebesar 18,49 kV(perhitungan) dan 18,39 kV(simulasi), kemudian saat dilakukan penambahan penyulang MSR 13 maka beban penyulang SRN 03 dipecah sehingga nilai tegangan terima akibat jatuh tegangan yang baru adalah 19,471kV(perhitungan) dan 19,439 kV(simulasi), sementara untuk penyulang MSR 13 sendiri sebesar 19,277kV(perhitungan) dan 19,308 kV(simulasi).
2. Hasil perhitungan dan simulasi rugi daya setelah terjadi penambahan penyulang MSR 13 yakni terjadi pengurangan rugi daya pada penyulang SRN 03 yang semula 328,42 kW(perhitungan) dan 344 kW(simulasi), kemudian menjadi 68,282 kW(perhitungan) dan 66,8 kW(simulasi). Penyulang MSR 13 setelah memecah beban SRN 03 memiliki rugi daya 88,596 kW(perhitungan) dan 84,2 kW(simulasi).

## DAFTAR PUSTAKA

- Anumaka, M.C. (2012). Analysis of Technical Losses in Electrical Power System Nigerian 330kV Network as a Case Study. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*. 12(August), 320-327.
- Mithulanantha, M., Than Oo and Le Van Phu. 2004. Distributed Generator Placement in Power Distribution System Using Genetic Algorithm to Reduce Losses. *International Journal of Science and Technology Thammasat*. 9(3) : 55-62.
- Mukaromah, Nazro'atul. 2019. *Perencanaan Pembangunan Penyulang Express JJR 15 Guna Mengurangi Beban JJR 03 DI PT PLN UP3 Surakarta*. Yogyakarta: Departemen Teknik Elektro dan Informatika Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.
- Sarimun, Wahyudi. 2011. *Buku Saku Pelayanan Teknik Edisi Kedua*. Depok : Garamond.
- Thakur, Ritula and Puneet Chawla. 2015. Voltage Drop Calculations & Design of Urban Distribution Feeders. *IJRET:International Journal of Research in Engineering and Technology*. 4(12) : 43-53.